

## 石垣島と西表島沿岸域におけるオカヤドカリ類の分布特性

著者	藤川 俊介, 濱崎 活幸, 三田 哲也, 石山 尚樹, 水流 拓馬, 團 重樹, 北田 修一
雑誌名	日本生物地理学会会報
巻	71
ページ	25-38
発行年	2017-01-20
権利	(c) 2017 The Biogeographical Society of Japan. Posted with approval of the Biogeographical Society of Japan. It is posted here for your personal use.
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001962/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001962/</a>

## 石垣島と西表島沿岸域におけるオカヤドカリ類の分布特性

藤河 俊介<sup>1</sup>・浜崎 活幸<sup>1</sup>・三田 哲也<sup>1</sup>・石山 尚樹<sup>1</sup>・  
水流 拓馬<sup>1</sup>・團 重樹<sup>2</sup>・北田 修一<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7 東京海洋大学海洋生物資源学部門

<sup>2</sup> 〒722-0061 広島県尾道市百島町 1760 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所  
海産無脊椎動物研究センター

### Distributional characteristics of terrestrial hermit crabs along the coasts of Ishigakijima Island and Iriomotejima Island, Ryukyu Archipelago, Japan

Shunsuke Fujikawa<sup>1</sup>, Katsuyuki Hamasaki<sup>1\*</sup>, Tetsuya Sanda<sup>1</sup>, Naoki Ishiyama<sup>1</sup>,  
Takuma Tsuru<sup>1</sup>, Shigeki Dan<sup>2</sup> and Shuichi Kitada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Marine Biosciences, Tokyo University of Marine Science and Technology,  
4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan

<sup>2</sup> Research Centre for Marine Invertebrate, National Research Institute of Fisheries and Environment of  
Inland Sea, Japan Fisheries Research and Education Agency, Momoshima, Onomichi,  
Hiroshima 722-0061, Japan

**Abstract.** The present study investigated the distributions of terrestrial hermit crabs along the coasts of Ishigakijima Island and Iriomotejima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. Crabs were collected through visual surveys during daytime and nighttime from late June to early July during 2011 and 2012 at 18 localities on Ishigakijima Island, as well as through visual surveys during daytime and nighttime and using bait traps overnight in early July 2014 at 10 localities on Iriomotejima Island. Additionally, to confirm the temporal distributions of the crabs, nighttime visual surveys were conducted in late August and early October 2012 at 2 localities on Ishigakijima Island. Crabs were identified to the species level, and their body sizes were measured. On both islands, the coconut crab *Birgus latro* and five species belonging to the genus *Coenobita*, i.e., *C. brevipennis*, *C. cavipes*, *C. purpureus*, *C. rugosus*, and *C. violascens*, were recorded. Coconut crabs were captured on and/or near the limestone shores. *Coenobita* species excluding *C. violascens* were collected from the several localities that cover the entire coasts of the islands; in particular, *C. rugosus*, which was the dominant species, composed approximately 80% of the total number of collected individual crabs at almost all the localities on the islands. The distribution of *C. violascens* was restricted to the vicinity of the river, and these crabs mainly inhabited the mangrove estuaries. Our results highlight the importance of protecting mangrove estuaries to conserve the *C. violascens* populations.

**Key words:** *Birgus latro*, coconut crab, *Coenobita* spp., geographical distribution, land hermit crab

---

\*連絡先 (Corresponding author): hamak@kaiyodai.ac.jp

(要約)

石垣島と西表島沿岸域でオカヤドカリ類の分布状況を調査した。2011 年と 2012 年の 6 月末～7 月初めに石垣島沿岸の 18 ヲ所で昼夜の目視により、また 2014 年 7 月初めに西表島の 10 ヲ所で昼夜の目視と夕刻から翌朝にかけてのトラップによりオカヤドカリ類を捕獲し、種を判別して体サイズを測定した。また、石垣島の 2 ヲ所では、2012 年の 8 月末と 10 月初めにも夜間の目視調査を実施した。両島とも、ヤシガニとオカヤドカリ属 5 種（オオナキオカヤドカリ、オカヤドカリ、ムラサキオカヤドカリ、ナキオカヤドカリ、コムラサキオカヤドカリ）の分布が確認された。ヤシガニは琉球石灰岩の岩礁、あるいはその近辺で捕獲された。コムラサキオカヤドカリを除き、オカヤドカリ属 4 種は島の周囲全域をカバーするように複数の地点で捕獲され、特にナキオカヤドカリは総捕獲個体数に占める割合が 80% 前後で優占し、島の全域で出現した。コムラサキオカヤドカリは特異的な分布を示し、河口域とその近辺、特にマングローブ河口域に多く生息していたことから、その個体群の生息域内保全にはマングローブ域の保護がきわめて重要である。

はじめに

オカヤドカリ類は十脚目異尾下目オカヤドカリ科 Coenobitidae に属する陸生の甲殻類であり、1 属 1 種のヤシガニ *Birgus latro* (Linnaeus, 1767) と 17 種ほどのオカヤドカリ属 *Coenobita* で構成される (Hartnoll, 1988; Poupin, 1996; McLaughlin *et al.*, 2010; Rahayu *et al.*, 2016)。オカヤドカリ類は熱帯から亜熱帯の島嶼沿岸域を中心に分布し (Hartnoll, 1988)、わが国ではヤシガニとオカヤドカリ属 7 種（オオナキオカヤドカリ *C. brevipennis* Dana, 1852, オカヤドカリ *C. cavipes* Stimpson, 1858, サキシマオカヤドカリ *C. perlatus* H. Milne-Edwards, 1837, ムラサキオカヤドカリ *C. purpureus* Stimpson, 1858, ナキオカヤドカリ *C. rugosus* H. Milne-Edwards, 1837, コムラサキオカヤドカリ *C. violascens* Heller, 1862, オオトゲオカヤドカリ *C. spinosus* H. Milne-Edwards, 1837) の計 8 種が南西諸島や小笠原諸島を中心に記録されている (Nakasone, 1988; 朝倉, 2004)。このうち、サキシマオカヤドカリは火山列島には普通に分布するが (倉田, 1987; 佐々木・堀越, 2008)、小笠原諸島や琉球列島では発見されることは稀である (Nakasone, 1988; 藤田・成瀬, 2016)。また、オオトゲオカヤドカリは西太平洋に広く分布するが、わが国では小笠原諸島母島で採集された雄 1 個体の標本が記録されているにすぎない (朝倉, 2004)。

ヤシガニは、生息域において古くから重要なタンパク資源、あるいは珍味食材や剥製として利用されてきたが、近年では換金生物として乱獲が進んでいる (Sato and Yoseda, 2010)。加えて生息地では観光地化が進み、リゾート開発による生息環境の悪化も手伝い、資源量が減少傾向にあるとされ、環境省のレッドリストにおいて絶滅危惧 II 類として掲載されている。一方、オカヤドカリ属は 1970 年に国の天然記念物に指定されたが、沖縄県では古くから商業利用されていたことから、特定の業者に対して期間と量を定めた上で採取が許可されている。オカヤドカリ属はペットとして人気があり、販売用の密漁や過剰捕獲のほか、リゾート開発による生息環境の悪化に伴う個体数の減少が懸念される種もあり、環境省のレッドリストにおいてサキシマオカヤドカリが絶滅危惧 II 類に、オオナキオカヤドカリとコムラサキオカヤドカリが準絶滅危惧種に指定されている。このうち、コムラサキオカヤドカリの成体は主に内湾や河口・汽水域に生息し、小型個体はマングローブ林付近で多数みられるとされているが (沖縄県教育委員会, 1987, 2006; Nakasone, 1988)、その分布状況を定量的に評価した研究事例はない。コムラサキオカヤドカリがマングローブ域に特異的に生息するとした場合、世界各国で開発によりマングローブ域が減少していることから (Valiela *et al.*, 2001)、本種の生息基盤は失われ、

絶滅の危険性が高まるものと考えられる。

本研究では、石垣島と西表島の沿岸域において、マングローブ河口域を含む複数の地点でオカヤドカリ類の分布状況を調査し、コムラサキオカヤドカリの分布特異性を明らかにするとともに、各種の分布特性について考察した。

## 材料と方法

**調査方法** 調査は沖縄県教育委員会と文化庁

から天然記念物現状変更許可を得て実施した(22 受庁財第 4 号の 1997, 25 受庁財第 4 号の 2058)。

調査地として、自動車によりアクセスが可能なことと地勢を考慮し、石垣島 18 ヲ所、西表島 10 ヲ所を選定した (Fig. 1)。調査地は、砂浜海岸、礫海岸、マングローブ河口域、小河川河口、小河川水路、岩礁(琉球石灰岩)海岸の単独あるいは複合した地勢であった (Table

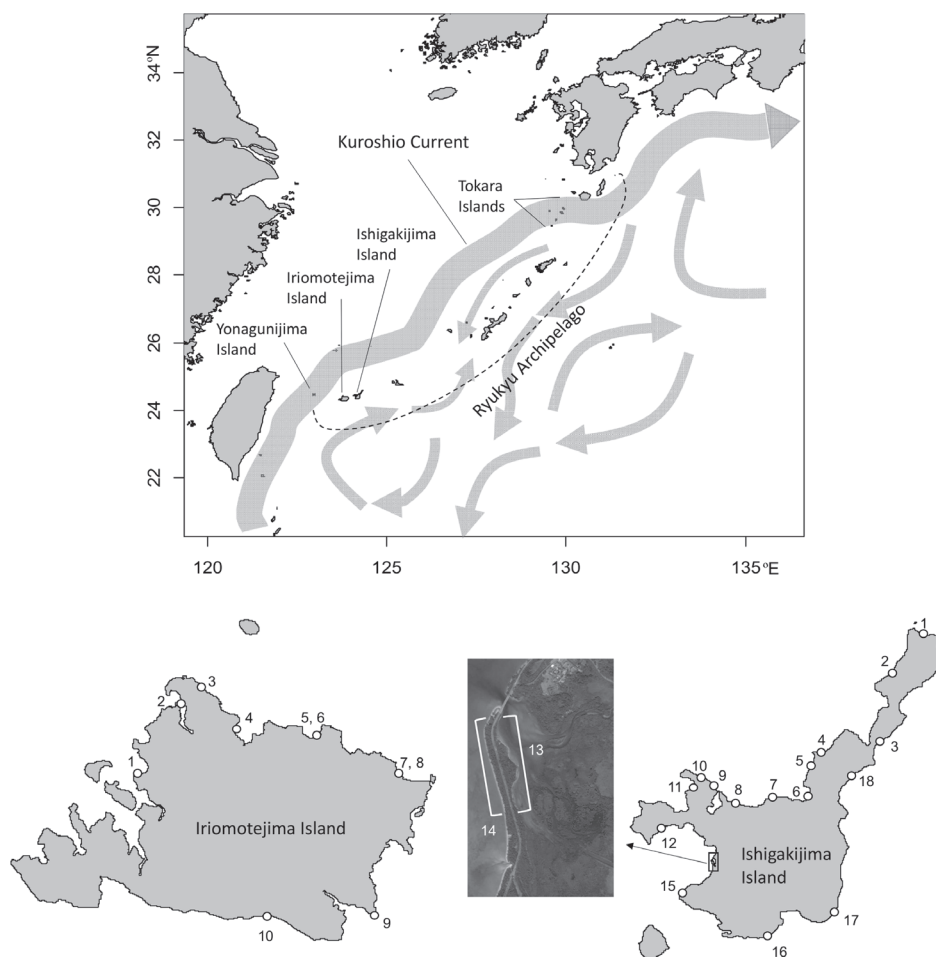


Fig. 1. Maps showing the Ryukyu Archipelago, Japan (upper panel), and a schematic showing the localities (Ishigakijima Island, St. 1–18; Iriomotejima Island, St. 1–10) for collecting terrestrial hermit crabs (lower panel). A Google Earth photograph shows a mangrove estuary (St. 13) on Ishigakijima Island and the adjacent sandy beach facing the outer sea bay (St. 14), separated by a sandbank. The paths of the Kuroshio Current and local oceanic currents are schematically drawn based on the monthly mean currents during August 2015 (<http://www.data.jma.go.jp>). See Table 1 for environmental characters at each sampling locality.

石垣島と西表島沿岸域におけるオカヤドカリ類の分布特性

Table 1. Environmental characters at localities for collecting terrestrial hermit crabs along the coasts of Ishigakijima Island and Iriomotejima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. Values in parentheses indicate the areas of mangroves.

Station	Characters
Ishigakijima Island	
1	Sandy beach and coral limestone shores
2	River mouth with mangroves (3 ha), sandy beach and coral limestone shores
3	Sandy beach
4	Sandy beach and a river mouth with mangroves (0.5 ha)
5	River mouth with mangroves (13 ha) and coral limestone shores
6	Sandy beach and a small river mouth with mangroves (0.05 ha)
7	Sandy beach with coral rubbles
8	Sandy beach with a small river mouth and coral limestone shores
9	Sandy beach and coral limestone shores
10	Sandy beach and coral limestone shores
11	Sandy beach and a river mouth with mangroves (0.7 ha)
12	Sandy beach
13	Mangrove estuary (50 ha)
14	Sandy beach
15	Sandy beach and coral limestone shores
16	Sandy beach with coral rubbles and coral limestone shores
17	Coral rubble beach
18	Sandy beach
Iriomotejima Island	
1	Sandy beach
2	Mangrove estuary (99 ha)
3	Sandy beach
4	Mangrove estuary (45 ha)
5	River mouth with mangroves (10 ha)
6	River and vicinity
7	Sandy beach
8	River mouth
9	Sandy beach with areas of rubbles near a mangrove estuary (80 ha)
10	Sandy beach and a small stream

1). 調査場所の後背地には、アダン *Pandanus odorifer* (Forssk.) Kuntze, 1891, ハスノハギリ *Hernandia nymphaeifolia* (J. Presl) Kubitzki, 1970, オオハマボウ *Hibiscus tiliaceus* L., 1753 等の海岸林が存在し、林縁前にはハマゴウ *Vitex rotundifolia* L. f., 1782, グンバイヒルガオ *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br., 1818, ミルスベ

リヒユ *Sesuvium portulacastrum* (L.) L., 1759, クサトベラ *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb., 1814 等の海浜草本が混生していた。また、マングローブ林はメヒルギ *Kandelia obovata* Sheue, H. Y. Liu et W. H. Yong, 2003, オヒルギ *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam., 1798, ヤエヤマヒルギ *Rhizophora mucronata* Lam., 1804, ヒルギモドキ

*Lumnitzera racemosa* Willd., 1803 等から構成されていた (Table 1 にはマングローブがみられた調査地のマングローブ域面積を石西礁湖ポータルウェブサイト <http://www.sekiseisyoko.com/szn/entry/report14.html> に掲載された石垣島自然再生協議会の平成 14 年度事業報告より抜粋して示した)。

調査は石垣島で 4 回、西表島で 1 回実施した。石垣島では、第 1 回が 2011 年 6 月 29 日から 7 月 1 日 (定点 10 を除く 17 地点) の夜間 (日没から午前 1 時前後, 以下同様), 第 2 回が 2012 年 6 月 28 日から 7 月 2 日の昼間 (午前 9 時から午後 6 時, 以下同様) と夜間 (18 地点) に実施した。また、オカヤドカリ類の分布に特徴がみられた 2 つの定点 (St. 13, 14) では、調査時期による差をみるために、第 3 回調査として 2012 年 8 月 25 日の夜間、第 4 回が 2012 年 10 月 3 日の夜間に実施した。各調査時とも、各定点を 1 度訪れ、目視によりオカヤドカリ類を探索し、素手で捕獲した。また、西表島 (10 地点) では 2014 年 7 月 3 日から 7 月 5 日の昼間と夜間に目視調査を実施するとともに、トラップによる捕獲調査を行った。調査期の 6 月から 8 月は、オカヤドカリ類の主繁殖期にあたる (Nakasone, 2001; Sato and Yoseda, 2008; Doi *et al.*, 2016)。

目視調査は 2～4 名を 1 組として、1 組あたりの総探索時間 (時間×人) が昼夜とも 2011 年には 60 分、2012 年と 2014 年には 120 分

なるように行った。夜間調査時には光源として懐中電灯 (白色 LED 灯) を用いた。トラップ調査は、養鶏用飼料と九官鳥用飼料を入れた 6L 容量のプラスチック製バケツを地面とほぼ水平に埋め込み、1 地点につき 2 ヶ所において、日没前に設置し、翌朝回収した。オカヤドカリ類では、前甲長 2 mm を超えると、成体でみられるような左鉗脚掌部の形態的特徴 (Nakasone, 1988; 朝倉, 2004) が明瞭になり、種判別が容易になる (水流拓馬, 未発表)。そこで、本研究では、捕獲したオカヤドカリ類のうち、前甲長 2 mm を超える個体について、Nakasone (1988) と朝倉 (2004) に従って種を判別した。石垣島の第 1 回と第 2 回調査において、捕獲個体の一部については、別途幼生の飼育実験に用いるために、抱卵の有無を確認した。また、石垣島の第 1 回と第 2 回調査および西表島での調査では、捕獲個体の体サイズとして、既報 (沖縄県教育委員会, 1986; Fletcher *et al.*, 1990) に従って、ヤシガニでは後甲長を、オカヤドカリ属では前甲長を測定した (Fig. 2)。オカヤドカリ属では、体サイズ測定のために宿貝から個体を引き出す必要があるが、それが困難な場合、個体が宿貝に入っても測定可能な左第 3 歩脚指節の長さを測定した (Fig. 2)。体部位の測定は、いずれもノギスを用いて 0.1 mm の精度で行った。なお、種によっては、一部測定できない個体もあった。また、捕獲数の多かったナキオカヤドカリでは、一部の個体を無作為に抽出して測定した。捕獲

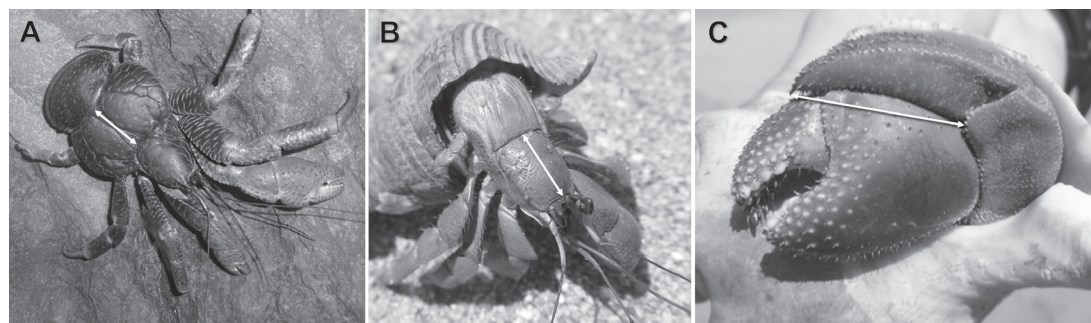


Fig. 2. Dimensions (white arrows) for measuring thoracic length of the coconut crab *Birgus latro* (A), and shield length (B) and dactylus length of the left third pereiopod (C) of land hermit crab species of the genus *Coenobita*.



個体は、一部の抱卵雌を除き、体サイズ測定後に調査現場で放した。

沖縄県教育委員会（2006）は、オカヤドカリ属 5 種の左第 3 歩脚指節長（ $x$ ）と前甲長（ $y$ ）の回帰式（ $y = ax + b$ ）を報告しており、それら回帰式を用いて左第 3 歩脚指節長（以下、歩脚指節長）から前甲長を復元できる。ただし、オオナキオカヤドカリの測定個体数は 7 個体で少ないことから、今回の石垣島での第 1 回調査の際に、60 個体について前甲長と歩脚指節長を測定し、回帰式を求めた。また、コムラサキオカヤドカリについても、抱卵雌の確認のために個体を宿貝から引き出す機会が多かったことから、181 個体について同サイズを測定し、回帰式を得た。これら回帰式から計算した前甲長は、小型個体が測定されていないオオナキオカヤドカリ、オカヤドカリおよびコムラサキオカヤドカリでは、著者らが第 1 齢稚ガニからおおよそ 1 年間飼育して得た小型個体の測定値（未発表）に比較すると過大推定される傾向が強かった。これは、回帰式（ $y = ax + b$ ）が切片をもつことに起因することから、本研究ではそれら回帰式から歩脚指節長 1 mm ごとに計算したデータセットを用い、切片をもたない回帰式（ $y = ax$ ）を求め、各種の前甲長を復元することとした。この回帰式における係数  $a$  は、オオナキオカヤドカリが 1.003、オカヤドカリが 1.114、ムラサキオカヤドカリが 1.163、ナキオカヤドカリが 1.180、コムラサキオカヤドカリが 1.005 であった。

調査期間中の気温と相対湿度の平均値は、石垣島の第 1 回調査（夜間）が 28.4℃と 86.6%、第 2 回の昼間が 31.7℃と 66.8%、夜間が 28.4℃と 77.5%、第 3 回（夜間）が 28.2℃と 85.0%、第 4 回（夜間）が 24.0℃と 73.5%、西表島の昼間が 30.6℃と 56.8%、夜間が 28.3℃と 78.3% であった。

**データ解析** 解析は統計ソフトウェア R v.3.1.0（R Core Team, 2014）を用いて行い、有意水準を 5% に設定した。目視調査の昼間と夜間、お

よびトラップ調査別に各調査地点の捕獲数と出現種数を整理し、多様度指数（Shannon-Wiener の  $H'$ ）を *vegan* パッケージ（Oksanen *et al.*, 2015）の *diversity* 関数を用いて求めた。石垣島の第 2 回調査における捕獲数と出現種数の昼夜差を一般化線形混合効果モデルで検定することとし、誤差構造にポアソン分布を指定した。また、多様度指数の昼夜差は誤差構造が正規分布である一般線形混合効果モデルで検定した。両解析とも、各地点における反復調査を考慮し、地点番号を変量効果に指定した。西表島における目視調査の昼と夜、およびトラップ調査の差についても石垣島と同様に検定した。解析には、誤差構造にポアソン分布を指定した場合、*lme4* パッケージ（Bates *et al.*, 2014）の *glmer* 関数と *car* パッケージ（Fox and Weisberg, 2011）の *Anova* 関数による Wald  $\chi^2$  test を用い、正規分布の場合には *nlme* パッケージ（Pinheiro *et al.*, 2014）の *lme* 関数と *anova* 関数による *F* test を用いた。また、西表島の調査では、*multcomp* パッケージ（Hothorn *et al.*, 2008）の *glht* 関数を用い、昼夜およびトラップ間で Tukey 法による多重比較を行った。さらに、各種の体サイズについて、石垣島における昼夜差と西表島における目視調査の昼夜とトラップ調査の差を、両島で昼間捕獲されなかったヤシガニおよび石垣島で昼間に 1 個体のみが捕獲されたオオナキオカヤドカリを除き、一般線形モデルで検定し、*lm* 関数と *anova* 関数による *F* test、あるいは *glht* 関数の Tukey 法による多重比較を行った。

## 結 果

石垣島と西表島の調査とも、ヤシガニとオカヤドカリ属 5 種（オオナキオカヤドカリ、オカヤドカリ、ナキオカヤドカリ、ムラサキオカヤドカリ、コムラサキオカヤドカリ）が確認された。石垣島の全域で実施した第 1 回および第 2 回調査における総捕獲数は 5961 個体で、各種の組成比は、ヤシガニ 0.3%、オオナキオカヤドカリ 0.7%、オカヤドカリ 2.8%、ムラサキ

オカヤドカリ 3.0%, ナキオカヤドカリ 84.4%, コムラサキオカヤドカリ 8.8% であった。また、西表島における総捕獲数は 1136 個体で、各種の組成比は、ヤシガニ 0.3%, オオナキオカヤドカリ 1.1%, オカヤドカリ 5.2%, ムラサキオカヤドカリ 1.3%, ナキオカヤドカリ 78.3%, コムラサキオカヤドカリ 13.7% であった。

石垣島における第 2 回調査の捕獲数、出現種数および多様度指数は、いずれも夜間に有意に高い値を示した (Fig. 3)。夜間に実施した 2011 年 (第 1 回調査) の結果をみると、調査努力量が少なかったことから、捕獲数は 2012 年 (第 2 回調査の夜間) より少なかったが、出現種数と多様度指数は同等か高いレベルを示した (Fig. 3)。西表島の調査では、捕獲数は昼間より夜間とトラップで有意に多かった。また、出現種数と多様度指数は夜間に高くなる傾向がみられ、後者では有意差が認められた。石垣島の第 1 回と第 2 回調査の昼夜、西表島の昼夜とトラップ調査における体サイズ組成をみると (Figs. 4, 5), 昼間に捕獲された個体の体サイズが小さい傾向がみられた。両島の体サイズ組成を併せて種別にみると、ヤシガニは夜間のみ発見・捕獲され、後甲長 24 ~ 38 mm クラスの個体が多かった。オオナキオカヤドカリは、主に前甲長 11 mm を超える個体が捕獲され、16 ~ 19 mm クラスにモードがみられた。オカヤドカリの体サイズ組成には、大きくは 6 ~ 12 mm クラスと 16 ~ 20 mm クラスにモードをもつ群が認められた。ムラサキオカヤドカリでは、小型個体は少なく、20 ~ 24 mm クラスにモードをもつ大型個体が多かった。ナキオカヤドカリでは、昼間は 3 ~ 6 mm クラスに、夜間は 6 ~ 9 mm クラスにモードがみられた。コムラサキオカヤドカリの体サイズ組成には、昼間には 4 ~ 7 mm, 夜間には 10 ~ 14 mm クラスにモードがある群が認められた。また、ナキオカヤドカリとコムラサキオカヤドカリでは、昼間に活動する小型個体と夜間に活動する大型個体が同所的に分布していた。

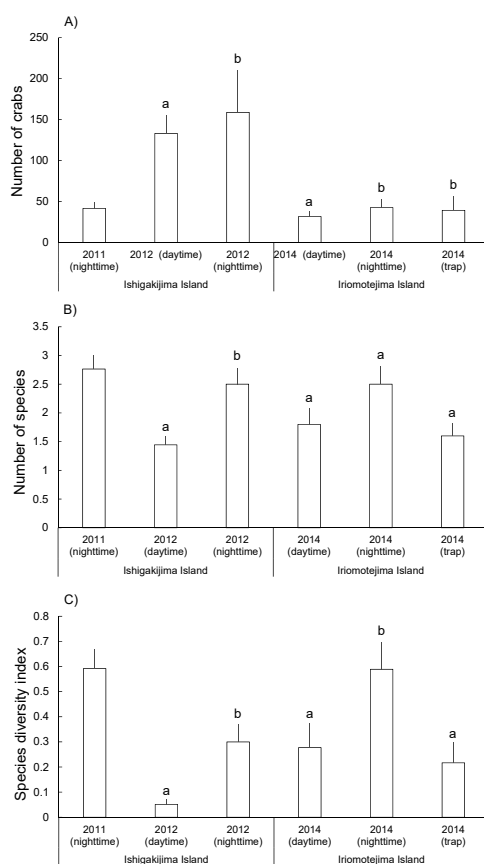


Fig. 3. Number of crabs (A), number of species (B), and species diversity index (Shannon-Wiener Index  $H'$ ) (C) of terrestrial hermit crabs collected from Ishigakijima Island and Iriomotejima Island. On Ishigakijima Island, the crabs were collected at each sampling locality through visual surveys at night from 29 June to 1 July 2011 (17 localities, excluding St. 10) and during daytime and nighttime from 28 June to 2 July 2012 (18 localities). On Iriomotejima Island, the crabs were collected at each sampling locality through visual surveys during daytime and nighttime and by using bait traps overnight on 3-4 July and 4-5 July 2014 (10 localities). Crabs of *Coenobita* spp. that were larger than 2 mm in shield length were identified to the species level and used for the analyses. Data are shown as the means (bars) and standard errors (vertical lines) for all the sampling localities. Differences between and among surveys ( $P < 0.05$ ) are indicated by different lowercase letters.



石垣島の第1回と第2回調査において確認された抱卵雌は、ヤシガニ2個体（うち1個体は後甲長未測定）、オカヤドカリ43個体、ムラサキオカヤドカリ19個体、ナキオカヤドカリ99個体、およびコムラサキオカヤドカリ35個体であった。オオナキオカヤドカリの抱卵雌は、通常の日視調査では1個体が確認されたにすぎなかったが、琉球石灰岩性海岸において、人ひとりがかるうじて入ることのできる岩礁の裂け目を発見し、その奥には昼間にオオナキオカヤ

ドカリが集群しており、第2回調査時に42個体（前甲長13.2～21.7 mm）が確認され、そのうち23個体が抱卵雌であった。ここで、各種の抱卵雌の前甲長組成を求め、目視調査による捕獲個体の前甲長組成と比較すると（Fig. 4）、抱卵雌の前甲長組成は、夜間活動する大型個体と概ね重なるか、あるいは小さい傾向がみられた。また、ナキオカヤドカリでは、昼間活動していた個体の約半数は抱卵可能な体サイズに達したものであった。

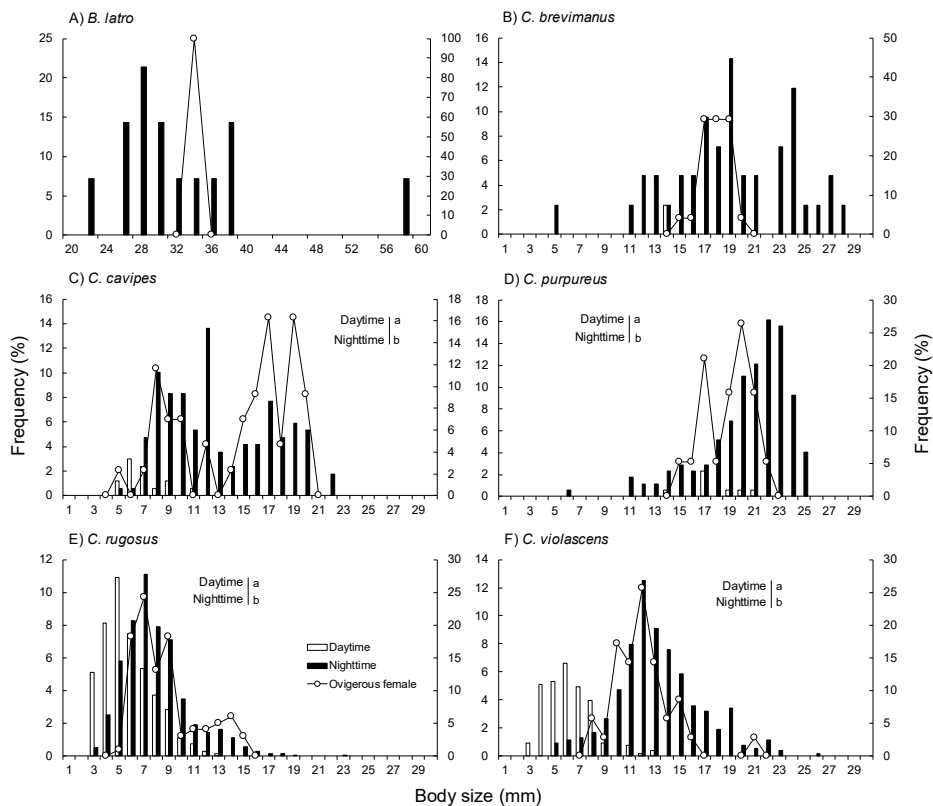


Fig. 4. Size-frequency distributions (first y-axis) of the coconut crab *Birgus latro* (A) and five land hermit crab species of the genus *Coenobita*, *C. brevimanus* (B), *C. cavipes* (C), *C. purpureus* (D), *C. rugosus* (E), and *C. violascens* (F), collected in all surveys conducted from 29 June to 1 July, 2011, and from 28 June to 2 July, 2012 on Ishigakijima Island. A subset of the crabs collected was identified as berried or not, and the size-frequency distributions of ovigerous females are also shown in the graphs (second y-axis). Thoracic length and shield length were measured for *B. latro* and *Coenobita* spp., respectively. In *Coenobita* spp., crabs larger than 2 mm in shield length were identified to the species level and used for the analyses. For each species, the total number of crabs and number of ovigerous females measured, respectively, were as follows: *B. latro* (14, 1), *C. brevimanus* (42, 24), *C. cavipes* (169, 43), *C. purpureus* (173, 19), *C. rugosus* (2295, 99), and *C. violascens* (527, 35). Differences between daytime and nighttime surveys ( $P < 0.05$ ) are indicated by different lowercase letters in the table following the surveys.

石垣島の第1回と第2回調査および西表島における調査地点別の各種の出現率を Fig. 6 に示す。まず石垣島についてみると、ヤシガニは、いずれも琉球石灰岩の岩礁か、あるいはそれが近くに存在する5地点で捕獲された。オオナキオカヤドカリ、オカヤドカリ、ムラサキオカヤドカリ、ナキオカヤドカリは、島の周囲全域をカバーするように、それぞれ11, 13, 9, 17地点で捕獲され、特にナキオカヤドカリはほぼ全地点で出現した。また、ムラサキオカヤドカリは島の東部にある St. 3 と St. 18 で多く、その2地点で出現率は80%を超えた。コムラサキ

オカヤドカリは5地点 (St. 2, 6, 11, 13, 14) で捕獲され、そのうち4地点 (St. 2, 6, 11, 13) がマングローブ河口域あるいは小規模なマングローブが存在する小河川近辺の砂浜であり、特に St. 13 の名蔵アンパルと呼ばれる大規模なマングローブ河口域 (50 ha) での出現率が高く79%に達した。また、St. 13 に隣接している名蔵湾に面した砂浜の St. 14 でもコムラサキオカヤドカリが確認された。ここで、St. 13 と St. 14 で確認されたオカヤドカリ類の種組成を調査時期別にみると (Fig. 7), 時期による差は認められず、コムラサキオカヤドカリが St. 13 で

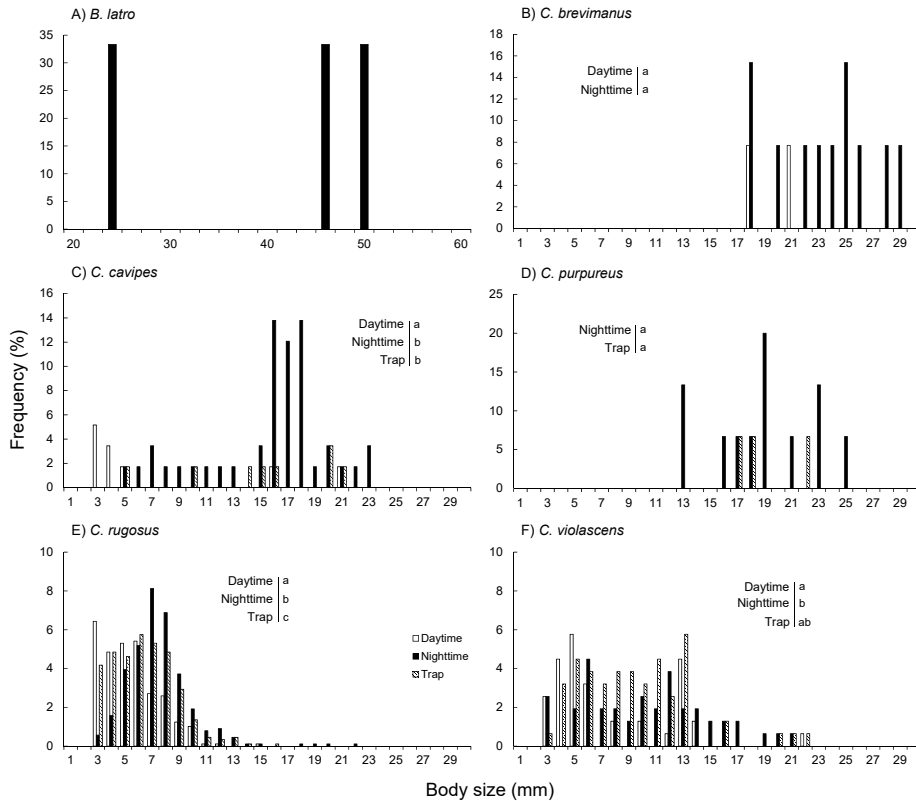


Fig. 5. Size-frequency distributions of the coconut crab *Birgus latro* (A) and five land hermit crab species of the genus *Coenobita*, *C. brevipanus* (B), *C. cavipes* (C), *C. purpureus* (D), *C. rugosus* (E), and *C. violascens* (F), collected in all surveys conducted from 3 July to 5 July, 2014 on Iriomotejima Island. Thoracic length and shield length were measured for *B. latro* and *Coenobita* spp., respectively. Among *Coenobita* spp., crabs larger than 2 mm in shield length were identified to the species level and used for the analyses. The total number of crabs measured for each species was as follows: *B. latro* (3), *C. brevipanus* (13), *C. cavipes* (58), *C. purpureus* (15), *C. rugosus* (886), and *C. violascens* (156). Differences among/between surveys ( $P < 0.05$ ) are indicated by different lowercase letters in the table following the surveys.

は 82 ~ 100%, St. 14 では 16 ~ 26% を占めていた。なお、比較的大きなマングローブ河口域 (13 ha) である St. 5 ではコムラサキオカヤドカリを捕獲できなかったが、踏査できなかった対岸で多くのコムラサキオカヤドカリを視認した。西表島では、ヤシガニの捕獲数は 3 個体にすぎなかった。その他の種類も石垣島と比較すると捕獲数が少なかったが、概ね石垣島と同様の分布状況がみられ、ナキオカヤドカリはほぼ全域で捕獲された。また、ムラサキオカヤドカリは

島南部の St. 10 で多く、出現率は 87% に達した。コムラサキオカヤドカリは河川や小水路近辺の 7 地点 (St. 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10) で捕獲され、そのうち 2 カ所 (St. 8, 10) を除いてマングローブ河口域と隣接域であり、特に規模の大きいマングローブ河口域と隣接域である St. 4 (45 ha), St. 5 (10 ha), St. 9 (80 ha) で多く、合計の出現率は 80% を超えた。

## 考 察

本研究では、石垣島と西表島の沿岸域において、オカヤドカリ類の分布状況を調査した結果、ヤシガニとオカヤドカリ属 5 種の生息が確認された。捕獲個体のうちナキオカヤドカリの組成比が 80% 前後を示し、これまでに八重山諸島で行われた調査結果 (沖縄県教育委員会, 1987) と同様に、本種が圧倒的多数を占めた。

石垣島と西表島全域で実施した目視調査の結果を昼間と夜間で比較すると、出現種数と多様度指数は夜間に高くなる傾向がみられた。また、捕獲個体の体サイズは昼間の方が小さく、特にナキオカヤドカリとコムラサキオカヤドカリでは昼間に小型個体が多く活動するのが観察された。また、他の種類では、小型個体は発見されないか、または発見数は少なく、夜間に大型個体が捕獲される傾向が強かった。石垣島にお

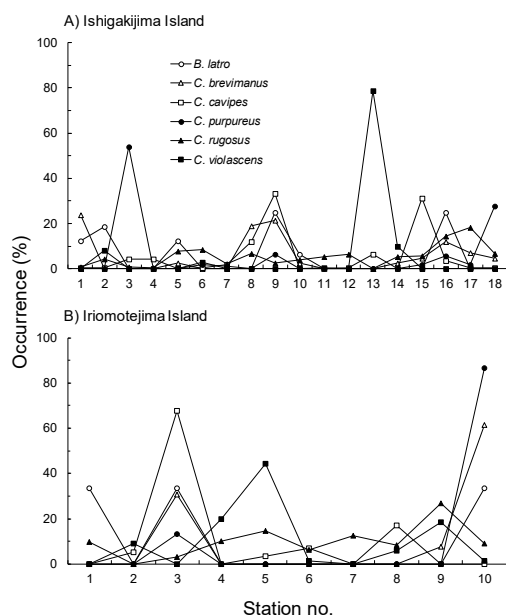


Fig. 6. Occurrence of the coconut crab *Birgus latro* and five land hermit crab species of the genus *Coenobita* on the coastal areas in all surveys conducted from 29 June to 1 July 2011, and from 28 June to 2 July 2012 on Ishigakijima Island (A) and in all surveys conducted from 3 July to 5 July 2014 on Iriomotejima Island (B). Occurrence rate was calculated as follows: (number of crabs collected at each locality)/(total number of crabs collected at all localities)  $\times$  100. Crabs of *Coenobita* spp. larger than 2 mm in shield length were identified to the species level and used for analyses. For each species, the total numbers of crabs collected on Ishigakijima Island and Iriomotejima Island, respectively, were as follows: *B. latro* (16, 3), *C. brevipanus* (42, 13), *C. cavipes* (169, 59), *C. purpureus* (173, 15), *C. rugosus* (5034, 890), and *C. violascens* (527, 156).

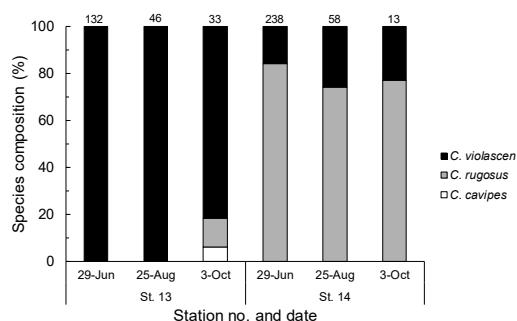


Fig. 7. Species compositions of land hermit crabs of the genus *Coenobita* at stations 13 and 14 during the nighttime visual surveys conducted on 29 June, 25 August, and 3 October 2012 on Ishigakijima Island. Values on the bars indicate the total number of crabs collected.

るオカヤドカリ属抱卵雌の体サイズ組成と目視調査による捕獲個体の体サイズ組成の比較から (Fig. 4), 夜間活動する大型個体は成熟サイズに達したものであり, 昼間に多く確認されたナキオカヤドカリとコムラサキオカヤドカリの小型個体は未成熟であるものと考えられる。また, ヤシガニでは雌雄とも後甲長 25 mm を超えると多くの個体が成熟に達することから (Sato and Yoseda, 2008; Sato *et al.*, 2008), 本研究で夜間に捕獲されたヤシガニの多くが成熟個体であるものと推察される。オカヤドカリ類は, 夜間に海岸で幼生をふ化させ, また海岸付近で交尾や産卵が起こることや, 浸透圧調節のために海水を飲むことが知られていることから (de Wilde, 1973; Page and Willason, 1982; Schiller *et al.*, 1991; Imafuku, 2001, 2002; Greenaway, 2003; Nakasone, 2001; 水谷・河野, 2012; Sato and Yoseda, 2013; Doi *et al.*, 2016), 成熟サイズに達した大型個体の海岸付近における夜間の活動は, 繁殖や飲水に関連した行動であるものと考えられる。なお, ナキオカヤドカリでは, 比較的多くの成熟サイズに達した個体が昼間に活動していたが, これらは主に波打ち際や海岸に落ちたアダンの実などに群がった状態でみられたことから, 飲水や摂餌行動が他種とは異なるのかもしれない。以上のような小型個体の発見数の種間差や各種の大型個体の夜行性によって, オカヤドカリ類の出現種数と多様度指数が夜間に高くなるものと考えられる。なお, 大型個体は夜行性が強いと結論することができるが, 小型個体については夜間調査で見逃している可能性もあり, その日周行動については今後さらに検討する余地が残されている。

本研究により, コムラサキオカヤドカリは河口や小水路近辺に生息し, 特にマングローブ河口域と隣接域に多く出現することが明瞭に示され, これまでの定性的な記載が裏付けられた。また, コムラサキオカヤドカリの出現率が高かった St. 13 およびそこに隣接する St. 14 で実施した時期別調査では, 分布状況に大きな変

化はなかった。なお, 石垣島の小規模なマングローブ河川の St. 4 で本種は確認されなかったが, その後実施した調査では生息が認められている (藤河俊介, 未発表)。また, 西表島で最も規模の大きいマングローブ林 (99 ha) が広がる浦内川の河口に設定した St. 2 では, コムラサキオカヤドカリの出現率は 9% で高くなかった。これは, アクセスできた調査場所がマングローブ林のごく限られた縁辺部であったことによるものと考えられ, 実際に Doi *et al.* (2016) は浦内川河口マングローブ林内において多くのコムラサキオカヤドカリ抱卵雌の生息を確認している。本研究では, コムラサキオカヤドカリの未成熟と思われる小型個体が成熟した大型個体と同所的に生息していた。したがって, 本種は河口域とその近辺で生活史を完結するものと考えられ, 特に人間活動による環境破壊が及びやすいマングローブ河口域と隣接域に多く生息していたことから, その個体群の生息域内保全にはそのような生息場の保護がきわめて重要である。

ヤシガニは西表島での捕獲数は少なかったものの, 石垣島では琉球石灰岩の岩礁か, あるいはそれが近くに存在する場所で捕獲された。Schiller (1992) は, ヤシガニの生息数は海岸から内陸にかけて減少する傾向があり, 本種の生息に適した条件として, 高湿度になるような岩場や穴などの隠れ家の存在が重要であると報告している。琉球石灰岩の岩礁やその後背地には隠れ家になるような岩場や穴が存在し, 著者らは実際に琉球石灰岩の岩礁が卓越する石垣島の St. 9 や St. 16 で穴に潜んでいるヤシガニを視認しており (藤河俊介, 2012 年 6 月 30 日～7 月 1 日私信), そのような個体が夜間に海岸で発見・捕獲されるものと考えられる。藤田 (2010) によれば, 後甲長 4.2～19.8 mm (大部分は 12 mm 以下) の小型ヤシガニが宮古島, 多良間島, 与那国島の大小さまざまな死サンゴ塊や石灰岩片が集積した飛沫帯で発見されているが, 本調査ではそのような小型個体は発見されなかった。

その他のオカヤドカリ属は、島の周囲全域をカバーするように複数の地点で捕獲された。特に、優占種であるナキオカヤドカリはほぼ全ての調査地点で確認され、未成熟と考えられる小型個体と成熟サイズに達した大型個体が同所的に生息していた。したがって、本種は沿岸域の幅広い環境へ適応し、海岸付近で生活史を完結しているものと考えられる。オオナキオカヤドカリは普段は海岸林内に生息し (Gross, 1964; Page and Willason, 1982; 沖縄県教育委員会, 1987; Nakasone, 1988), オカヤドカリは陸生の巻貝を多く利用していることから海岸林から内陸にかけて生息しているものと考えられている (沖縄県教育委員会, 1987; Nakasone, 2001)。また、ムラサキオカヤドカリの大型個体も陸生の巻貝を利用することがあることから、海岸から内陸にかけて生息しているものと考えられる (沖縄県教育委員会, 1987; Nakasone, 2001)。今回の調査では、これら3種は主に夜間に成熟サイズに達した大型個体が発見・捕獲され、成熟サイズに達していない小型個体は少なかった。これは、そのような小型個体の生息場所が海岸付近ではないか、あるいは個体群サイズが小さく (組成比 0.7 ~ 5.2%), 発見されなかった可能性が考えられる。ただし、飼育環境下でムラサキオカヤドカリの稚ガニは活発な潜砂行動を示し、複雑な横穴を形成することから (Hamasaki *et al.*, 2015), そのような環境下で潜砂している個体を発見できなかった可能性もある。また、オオナキオカヤドカリでは、昼間に琉球石灰岩礁の裂け目の奥で集群している大型個体がみられたが、そのような岩礁の裂け目は海岸林と海岸間の通り道になっており、移動途中の個体が昼間そこに蟄居している状態で発見されたのかもしれない。

コムラサキオカヤドカリは主にマングローブが発達した河口域に生息し、ナキオカヤドカリは沿岸域の様々な環境下で生息していた。一方、ムラサキオカヤドカリは石垣島では東部の砂浜海岸で、西表島では南部の砂浜海岸で集中

的に捕獲された。本種は主に日本近海に出現し (沖縄県教育委員会, 1987; Nakasone, 1988; Hamasaki *et al.*, 2016), そのオカヤドカリ類の個体数に占める割合は、沖縄本島南部海岸で25%程度 (沖縄県教育委員会, 1987), トカラ列島宝島では99.9%に達するが (鹿児島県教育委員会, 1987), 石垣島 (3.0%) や西表島 (1.3%) では低く、八重山諸島は本種の分布域の縁辺域にあたる。日本近海の海洋生物の地理的分布に大きな影響を及ぼす黒潮は、与那国島を洗うように台湾と西表島の間を北上し、トカラ列島付近で東進して九州、四国、東海沖へ流れる (Fig. 1)。また、琉球列島付近には黒潮の反流が存在する (Fig. 1)。琉球列島のムラサキオカヤドカリ個体群は遺伝的に分化していないことから、海洋で浮遊生活を送る幼生期に分散し、島嶼間で遺伝的に交流しているものと考えられている (Hamasaki *et al.*, 2016)。ムラサキオカヤドカリの分布が石垣島東部と西表島南部に集中した理由として、トカラ列島や沖縄本島付近でふ化したムラサキオカヤドカリの幼生が反流に乗り、八重山諸島の南部に存在する時計回りの海流によって石垣島東部と西表島南部に運ばれるという仮説が考えられる。この仮説を検証するには、今後海流による幼生の分散に関する数値シミュレーション (村上ほか, 2014) や島周辺海域での幼生の分布調査が必要になるであろう。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、オカヤドカリ属個体の捕獲を許可いただいた沖縄県教育委員会と文化庁に深謝する。また、原稿に対して有益なコメントを頂いた査読者に心よりお礼申し上げます。現地の調査は、東京海洋大学増殖生態学研究室の歴代の学生諸子 (小木曾陽介, 加藤沙織, 服田 宙, 渡邊知博, 高野 謙, 飯塚千香子, 藤江優里亜, 佐伯 詠, 松田崇裕, 沢田晨輔, 斎藤佳乃, 水田琴美, 大磯毅晃, 渡邊敏弘, 原田靖子, 田端一真, 田邊 優, 鈴木亮祐, 斎藤真吾, 大橋研太) の協力により実施した。ま



た、本研究はJSPS 科研費 (B24310171) の助成を受けて実施した。ここに記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- 朝倉 彰, 2004. ヤドカリ類の分類学, 最近の話題ーオカヤドカリ科. 海洋と生物, **26**: 83–89.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S., 2014. *lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-6*. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Doi, W., Mizutani, A. & Kohno, H., 2016. Larval release and associated tree-climbing behavior of the land hermit crab *Coenobita violascens* Heller, 1862 (Anomura: Coenobitidae). *J. Crustac. Biol.*, **36**: 279–286.
- Fletcher, W. J., Brown, I. W. & Fielder, D. R., 1990. Growth of the coconut crab *Birgus latro* in Vanuatu. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **141**: 63–78.
- 藤田喜久, 2010. 小さなヤシガニは何処にいる? *Cancer*, **20**: 79–82.
- 藤田喜久・成瀬 貫, 2016. 宮古諸島水納島におけるサキシマオカヤドカリの記録. *Fauna Ryukyuana*, **28**: 57–58.
- Fox, J. & Weisberg S., 2011. *An R Companion to Applied Regression, Second Edition*. 472 pp. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.
- Greenaway, P., 2003. Terrestrial adaptations in the Anomura (Crustacea: Decapoda). *Mem. Mus. Vic.*, **60**: 13–26.
- Gross, W. J., 1964. Water balance in anomuran land crabs on a dry atoll. *Biol. Bull.*, **126**: 54–68.
- Hamasaki, K., Hatta, S., Ishikawa, T., Yamashita, S., Dan, S. & Kitada, S., 2015. Emigration behavior and molting during the sea-to-land transition of terrestrial hermit crabs under laboratory conditions. *Invertebr. Biol.*, **134**: 318–331.
- Hamasaki, K., Iizuka, C., Sanda, T., Imai, H. & Kitada, S., 2016. Phylogeny and phylogeography of the land hermit crab *Coenobita purpureus* (Decapoda: Anomura: Coenobitidae) in the Northwestern Pacific Region. *Mar. Ecol.*, doi: 10.1111/maec. 12369.
- Hartnoll, R. G., 1988. Evolution, systematic, and geographical distribution. In Burggren, W. W. & McMahon, B. R. (Eds), *Biology of the Land Crabs*: 6–54. Cambridge University Press, New York, NY.
- Hothorn, T., Bretz, F. & Westfall, P., 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical J.*, **50**: 346–363.
- Imafuku, M., 2001. Ecology of the land hermit crab *Coenobita purpureus* on Kikaijima Island. I. Breeding site, breeding season and migration. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. (Ser. Biol.)*, **17**: 55–76.
- Imafuku, M., 2002. Ecology of the land hermit crab *Coenobita purpureus* on Kikaijima Island. II. Breeding behavior, food, predator, orientation and the environment. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. (Ser. Biol.)*, **18**: 15–34.
- 鹿児島県教育委員会, 1987. 鹿児島県のおカヤドカリ属一生息実態緊急調査報告書一. 64 pp. 鹿児島県教育委員会, 鹿児島.
- 倉田洋二, 1987. オカヤドカリについての二, 三の知見. 東京都教育委員会 (編), 小笠原諸島オカヤドカリ生息状況調査報告: 94–97. 東京都教育庁社会教育部文化課, 東京.
- McLaughlin, P. A., Komai, T., Lemaitre, R. & Rahayu, D. L., 2010. Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world (exclusive of the Kiwaoidea and families Chirostylidae and Galatheidae of the Galatheoidea) Part I – Lithodoidea, Lomisoidea and Paguroidea. *Raffles Bull. Zool. Suppl.*, **23**: 5–107.
- 水谷 晃・河野裕美, 2012. 西表島網取湾におけるオオナキオカヤドカリの分布ー宿貝組成と体サイズの関係ー. 西表島研究 2011, 東海大学沖縄地域研究センター所報, 30–39.
- 村上智一・河野裕美・水谷 晃・神野正樹・下川信也, 2014. 数値シミュレーションを用いた西表島網取湾のオオナキオカヤドカリ幼生の追跡解析. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **70**: I\_1136–I\_1140.
- Nakasone, Y., 1988. Land hermit crabs from the

- Ryukyus, Japan, with a description of a new species from the Philippines (Crustacea, Decapoda, Coenobitidae). *Zool. Sci.*, **5**: 165–178.
- Nakasone, Y., 2001. Reproductive biology of three land hermit crabs (Decapoda: Anomura: Coenobitidae) in Okinawa, Japan. *Jap. Pac. Sci.*, **55**: 157–169.
- 沖縄県教育委員会, 1987. 沖縄県天然記念物調査シリーズ第29集 あまん オカヤドカリ生息実態調査報告. 254 pp. 緑林堂書店, 宜野湾.
- 沖縄県教育委員会, 2006. 沖縄県天然記念物調査シリーズ第43集 オカヤドカリ生息実態調査報告書 II. 262 pp. 沖縄県教育委員会, 那覇.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. G., Simpson, G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H. & Wagner, H., 2015. *vegan: Community Ecology Package. R package version 2.2-1*. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Page, H. M. & Willason, S. W., 1982. Distribution patterns of terrestrial hermit crabs at Enewetak Atoll, Marshall Islands. *Pac. Sci.*, **36**: 107–117.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. & R Core Team, 2014. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-117*. <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- Poupin, J., 1996. *Crustacea Decapoda of French Polynesia (Astacidea, Palinuridea, Anomura, Brachyura)*. 122 pp. Atoll Research Bulletin No. 442, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C.
- R Core Team, 2014. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>.
- Rahayu, D. L., Shih, H.-T. & Ng, P. K. L., 2016. A new species of land hermit crab in the genus *Coenobita* Latreille, 1829 from Singapore, Malaysia and Indonesia, previously confused with *C. cavipes* Stimpson, 1858 (Crustacea: Decapoda: Anomura: Coenobitidae). *Raffles Bull. Zool. Suppl.*, **34**: 470–488.
- 佐々木哲郎・堀越和夫, 2008. 南硫黄島の海洋生物. 小笠原研究, **33**: 155–171.
- Sato, T. & Yoseda, K., 2008. Reproductive season and female maturity size of coconut crab *Birgus latro* in Hatoma Island, southern part of Japan. *Fish. Sci.*, **74**: 1277–1282.
- Sato, T. & Yoseda, K., 2010. Influence of size- and sex-biased harvesting on reproduction of the coconut crab *Birgus latro*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **402**: 171–178.
- Sato, T. & Yoseda, K., 2013. Reproductive migration of the coconut crab *Birgus latro*. *Plank. Benth. Res.*, **8**: 49–54.
- Sato, T., Yoseda, K., Abe, O. & Shibuno, T., 2008. Male maturity, number of sperm, and spermatophore size relationships in the coconut crab *Birgus latro* on Hatoma Island, southern Japan. *J. Crustac. Biol.*, **28**: 663–668.
- Schiller, C. 1992. Assessment of the coconut crab *Birgus latro* on Niue Island with recommendations regarding an appropriate resource management strategy: 152 pp. South Pacific Aquaculture Development Project, Suva.
- Schiller, C., Fielder, D. R., Brown, I. W. & Obed, A., 1991. Reproduction, early life-history and recruitment. In: Brown I. W. & Fielder D. R. (Eds), *The Coconut Crab: Aspects of Birgus latro Biology and Ecology in Vanuatu*: 13–35. ACIAR Monograph 8, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra
- Valiela, I., Bowen, J. R. & York, J. K., 2001. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience*, **51**: 807–815.
- de Wilde P. A. W. J., 1973. On the ecology of *Coenobita clypeatus* in Curacao with reference to reproduction, water economy and osmoregulation in terrestrial hermit crabs. *Stud. Fauna Curacao Other Caribbean Isl.*, **144**: 1–138.

(2016年8月29日受領, 2016年10月27日受理)